

Avaliação espaço temporal do uso do solo na área da bacia do Rio Japarutuba -Sergipe através de imagens LANDSAT

Ricardo de Aragão¹
José Antônio Pacheco de Almeida¹

¹Universidade Federal de Sergipe - UFS
Caixa Postal 96 - 13416-000 – São Cristóvão - SE, Brasil
ricardoaragao@ufs.br, Jalmeida@ufs.br

Abstract. Over the last century the remote sensing technology gained credibility among researchers and decision maker due to its capability to provide valuable information on the consequences of the impact of human activities on the environment of large areas. In this paper, in order to evaluate the space and time variation of land use changes over the Japarutuba river basin, in Sergipe State, Brazil, information from images of the area taken at different dates (09/09/1997; 12/09/2001; 07/12/2006) acquired through the sensors TM (LANDSAT 5) and ETM⁺ (LANDSAT 7) were used to determine the variation in area of the following classes of land use: forest, pastureland, water bodies, urban area, mangrove, tillage (sugar cane), clouds and clouds shadows. After registering, selecting the due band combination (R4G5B3), the supervised classification method was applied and thematic maps of land use at different dates were obtained. The findings showed that there were increases in pasture land and in area of tillage of sugar cane in detriment of the native forest area. Also this river basin is heavily impacted due to human activities.

Palavras-chave: remote sensing, Japarutuba river, Sergipe, sensoriamento remoto, rio Japarutuba, Sergipe

1. Introdução

No Brasil, o crescimento populacional ocorreu, inicialmente, na porção litorânea da região Nordeste, como uma consequência direta da existência de uma larga produção de açúcar e da criação de gado. Estas atividades têm em comum a degradação ambiental através do desmatamento da floresta nativa, principalmente da mata atlântica, assoreamento dos corpos de água (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

De acordo com dados da Fundação SOS Mata Atlântica e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Mata Atlântica que se distribui ao longo da costa brasileira, está reduzida a 6,98% de sua cobertura original em todo o País (Martins, 2006).

No Estado de Sergipe, em particular, na região da bacia do rio Japarutuba, no nordeste deste Estado, observa-se, desde o século passado, uma tradição de criação de gado bovino, como também o cultivo de cana-de-açúcar (Fontes, 1997). Esta bacia tem como principal característica, um solo fértil e água disponível para a utilização nos processos (Fontes, 1997). Nesta condição, vastas áreas foram desmatadas para dar lugar às pastagens ou para a plantação de cana-de-açúcar ou mesmo para a exploração de petróleo (PETROBRÁS) e potássio (VALE DO RIO DOCE), sendo propícias para um aumento da produção de escoamento superficial e o conseqüente aumento na carga de sedimentos nos rios e o seu assoreamento.

Nestas condições, o conhecimento da distribuição da área ocupada pela agricultura, vegetação natural, área de produção mineral e áreas urbanas, como também, dados sobre as proporções de suas mudanças ao longo do tempo e do espaço se tornam de suma importância para legisladores e planejadores do uso dos recursos naturais e em particular os recursos de água e solo, o que leva a necessidade de atualização constante dos registros. Para sanar esta necessidade de informações, tem sido empregado o sensoriamento remoto com base em imagens de satélite e o uso dos sistemas de informações geográficas (Almeida, 1996; Fontes, 1997; Florenzano, 2002).

De acordo com Stehman e Czaplewski (2003) apud Tambosi et al. (2007), as aplicações dos estudos ambientais que utilizam técnicas de sensoriamento remoto estão fundamentadas na suposição que os mapas de uso e cobertura do solo são precisos os suficientes para justificar o seu uso. Além disso, o uso de sensoriamento remoto com base em imagens de satélite é um dos meios mais eficientes para acelerar os trabalhos e reduzir custos dos mapeamentos e da detecção das mudanças causadas no meio ambiente.

A partir do acima exposto, o presente trabalho tem como objetivo efetuar uma análise espaço temporal do uso do solo e das ações antrópicas na área da bacia do rio Japarutuba tomando-se como base imagens dos satélites LANDSAT 5 e 7, obtidas em diferentes datas e a técnica de classificação supervisionada para a determinação das classes de uso do solo.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 - A bacia do rio Japarutuba - Sergipe

A bacia do rio Japarutuba (10°13'00'' e 10°47'00'' de latitude Sul e 36°48'00'' e 37°19'00'' de longitude), localiza-se no nordeste do Estado de Sergipe, é coberta pela cena 215/67 do Satélite LANDSAT, sensores TM/ETM, e tem sido fortemente impactada há várias décadas, quer seja por atividades extrativistas (petróleo, gás, potássio), quer por atividades agropecuárias. Esta bacia possui uma área de 1700 km² e o rio principal tem uma extensão de aproximadamente 135 km (Figura 1). O período chuvoso encontra-se assim descrito: litoral úmido (P_{méd} de 1000 a 1400 mm; período chuvoso entre abril e agosto), agreste (P_{méd} de 700 a 900 mm; período chuvoso entre abril e agosto), semi-árido (P_{méd} de 400 a 700 mm;

período chuvoso entre janeiro e maio). A temperatura média anual é de 25 °C. A umidade relativa do ar é da ordem de 74 %.

A bacia é composta das sub-bacias dos rios Japarutuba (54% da área total), Siriri (23,37% da área total) e Japarutuba-Mirim (~20% da área total). O clima na bacia varia de sub-úmido úmido, na região da foz do rio Japarutuba, sub-úmido seco, na região do médio Japarutuba e semi-árido na região do alto Japarutuba. Da área total da bacia, 9,63 % pertencem à região semi-árida, 30,18 % a porção litoral úmido e 60,17 % estão localizadas no agreste. Encontram-se inseridas na área da bacia 23 cidades de pequeno e médio porte (Figura 2).

De acordo com SEPLANTEC (2004), do volume total consumido na área da bacia do rio Japarutuba, 38,32% (68800 m³/mês) são oriundos de águas superficiais e 61,67% (110704 m³/mês) são provenientes de água subterrânea. O potencial hídrico da bacia é baixo se comparado com o de outras bacias e tem sido bastante afetado pelos vários usos da terra.

2.2 Dados utilizados

O presente trabalho foi realizado através da utilização de imagens orbitais multiespectrais TM/LANDSAT 5 e ETM⁺/LANDSAT 7, órbita 215/67, todas disponibilizadas através da Internet na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Por ser esta bacia localizada próximo ao litoral, não foram encontradas no banco de imagens do INPE nenhuma imagem completamente livre de nuvens na porção litorânea e nordeste da bacia. Além disso, para atingir os objetivos citados, seria importante que todas as imagens aqui utilizadas fossem do mesmo período do ano. Entretanto, devido à existência de nuvens nas imagens disponíveis ou mesmo devido à falta de imagens seqüenciadas para esta área, a solução foi utilizar as imagens com as seguintes datas de passagem: 09.09.1997 e 07.12.2006 (TM/LANDSAT 5), 12.09.2001 (ETM⁺/LANDSAT 7). Além deste motivo, um trabalho efetuado pela SEPLANTEC (2004) forneceu o mapa de uso do solo desta bacia com base em imagens do ano 2000, podendo este mapa ser utilizado no nosso trabalho como base de comparação.

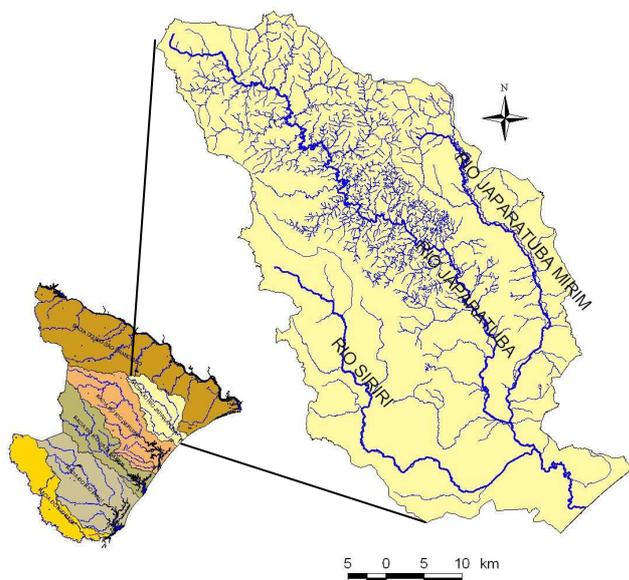


Figura 1 – Bacia do rio Japarutuba
Fonte: SEPLANTEC (2004)

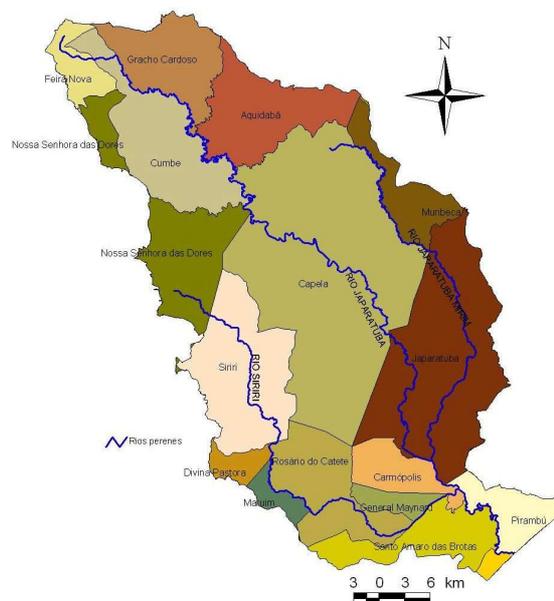


Figura 2 – Divisão de municípios na bacia
Fonte: SEPLANTEC (2004)

Visando fornecer subsídios para comparação com os resultados obtidos nas imagens, foram obtidos dados da base do IBGE (Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA), IBGE (2008), relacionados ao número de estabelecimentos agropecuários e efetivos de animais por espécie de efetivo (para verificar um aumento ou diminuição da área de pasto) e quantidade produzida, valor da produção, área plantada e área colhida da lavoura temporária – cana-de-açúcar (para verificar um aumento ou diminuição da área plantada de cana-de-açúcar). Visto ser uma área bastante antropizada, efetuou-se levantamento de literatura sobre a área da bacia objetivando coleta de dados anteriores ao período analisado e, se possível, dados atuais.

2.3 Processamento digital das imagens

O tratamento das imagens selecionadas foi efetuado através do software SPRING 4.3.3 (Câmara et al., 1996) tomando-se como base para o registro, as cartas topográficas da SUDENE e o Atlas digital sobre recursos hídricos de Sergipe (SEPLANTEC, 2004), ambos na escala 1:100.000. As imagens foram georeferenciadas para o sistema de projeção UTM (Universal Transverse of Mercator) pelo datum SAD69 (South American Datum). Todas as imagens foram registradas tomando-se por base os mesmos pontos de controle, o que permitiu uma diminuição nas distorções entre elas. Como apoio ao trabalho com as imagens, diversas visitas de campo foram realizadas na área da bacia. Nestas visitas usaram-se GPS e máquina fotográfica para registro dos pontos visitados. Depois de registradas, as imagens foram recortadas na região da área de estudo, utilizando-se as mesmas coordenadas.

Para a interpretação visual das imagens e visando identificar os diferentes usos, diversas combinações de bandas foram testadas para a caracterização multitemporal da área da bacia do rio Japarutuba e dentre elas, a que forneceu condições para uma melhor interpretação foi a R4G5B3. Posteriormente, procurou-se realçar a qualidade presente nas imagens através do aumento linear do contraste (Crosta, 2000), disponível no SPRING. Este procedimento foi efetuado para todas as imagens dos anos monitorados (1997, 2001, 2006).

Para a combinação R4G5B3, a mata aparece com um tom de marrom, sendo mais escuro quanto mais exuberante for a cobertura. A área urbana aparece com um tom azulado e a pastagem com um tom esverdeado. Para discernir algumas dúvidas quanto a cobertura vegetal foi gerado o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada - IVDN (Centeno, 2003), utilizando-se como base as bandas 3 e 4 (vermelho e infravermelho próximo, respectivamente). Para auxiliar na definição da rede de drenagem e na variação fisiográfica da bacia, foram geradas as ACPs para todas as imagens em questão.

Após o procedimento acima citado, deu-se início a classificação supervisionada, pelo método da máxima verossimilhança (Crosta, 2000), para as imagens de cada ano. O objetivo foi determinar a área relativa aos diferentes tipos de uso e cobertura do solo. Nesta fase, foram consideradas as bandas de 1 a 7, com exceção da banda 6, o IVDN e a ACP1. Ao todo, foram estabelecidas sete classes a serem levantadas nas imagens (mata, pasto, nuvem, corpos hídricos, área urbana, mangue, área cultivada, sombra das nuvens) e um total de 15 amostras para cada classe. As amostras representativas de cada classe a serem utilizadas para o treinamento foram obtidas das imagens, tomando-se como referência o trabalho da SEPLANTEC (2004), as fotos provenientes das visitas de campo e os dados de GPS. Para cada classe foi associada uma cor que a caracterize e diferencie das demais. As amostras foram consideradas adequadas e a classificação foi aceita como representativa, quando o desempenho médio foi próximo de 98% e a confusão média foi em torno de 1,5%. Feito isto, os mapas temáticos para cada ano foram gerados. Com estes mapas finalizados, determinou-se a área relativa a cada classe e para cada ano.

3 Resultados e Discussão

A aplicação da metodologia citada resultou na classificação das imagens da área da bacia para os anos de 1997, 2001 e 2006 e como consequência desta, foram obtidos os mapas de uso de solo mostrados nas Figuras 3, 4, 5.

A análise qualitativa dos mapas das Figuras 4, 5 e 6 mostra que houve uma redução na área de pastagem no ano de 2001 se comparado aos outros anos analisados, que a bacia tem pouca vegetação nativa e existe uma predominância de pasto e área cultivada nesta bacia. Esta conclusão é reforçada com dados numéricos onde temos que, para o ano de 1997, a área de pastagem era 530,81 km² (31,22% da área total), passou para 515,87 km² (30,34% da área total) em 2001 e depois sofreu um aumento para 550 km² (32,94% da área total) no ano de 2006, demonstrando que houve um acréscimo para este uso.

Se, por outro lado, a área de mata na região (nativa+renascida) for analisada, será visto que, em 1997 ela ocupava 6% da área total, passou para 11% em 2001 e decresceu para 8% em 2006. Isto leva a crer que uma grande parcela da vegetação tinha sido previamente removida até 1997 e depois, por motivos como redução no número de cabeças de gado ou na área plantada de lavouras temporárias como a da cana de açúcar, a vegetação foi deixada crescer até que maiores incentivos ao cultivo ou a criação de gado levaram a retomada no plantio ou ao aumento na criação.

No que diz respeito à área com cultura temporária (cana-de-açúcar, principalmente), esta sofreu uma brusca variação saindo de 51,76% da área total em 1997, diminuindo para 42,09% em 2001 e reduzindo ainda mais em 2006 (41,17% da área total). Estas oscilações no uso do solo são históricas, visto que, segundo Fontes (1997), a tradição agrícola da região da bacia do rio Japarutuba é o binômio criação de gado-cultivo de cana de açúcar e esta tendência deverá permanecer por muitos anos.

O fato acima foi comprovado por Fonte (1997) que, a partir do censo agropecuário de 1975 observou que, 70,59% da área dos municípios da bacia são ocupadas por pastagem e 14,50% são utilizadas como lavoura, principalmente as temporárias (cana-de-açúcar) que representam 9,08% deste total. Em 75% dos 23 municípios (Figura 2) as áreas de lavoura temporária são mais expressivas do que as de lavoura permanentes, principalmente a cana-de-açúcar. Além disso, matas e florestas representavam 6,71% da área total e terras produtivas não utilizadas representavam 8,28% da área total.

Por outro lado, Fontes (1997) aponta que no censo agropecuário de 1985, houve um ligeiro aumento da área de pastagem, passando 76,47% da área total da bacia. Em se tratando de lavoura, 10,93% da área total foi para lavoura temporária (cana-de-açúcar), 5% da área total para lavoura permanente e 1,39% ficaram em descanso, o que mostra um aumento se comparado ao censo agropecuário de 1975. A área de mata nativa, por sua vez, sofreu redução dos 6,71% (1975) para 5,8% da área total em 1985. Posteriormente, Fontes (1997) analisando o período de 1985 até 1997, verificou um acréscimo na área de pastagem e de lavoura em comparação aos citados para o intervalo 1975 a 1985. Estes valores são próximos aos obtidos neste trabalho e ratificam o comentário efetuado sobre a mata nativa.

Por outro lado, aos dados de uso de solo relativos ao ano 2000 (Figura 6), fornecidos pela SEPLANTEC (2004) para uma área total de 1700 km² são os seguintes: área urbana (0,45%), floresta (6,68%), mangue (0,56%), Mata secundária (18,24%), pastagem (49,55%), solo exposto (0,38%), área cultivada (22,02%), área embrejada (1,22%). Estes estão na mesma ordem de grandeza dos valores obtidos no presente trabalho, tornando-os compatíveis. Segundo IBGE (2008), houve um aumento considerável na área plantada de cana-de-açúcar nos estados ditos produtores de açúcar e álcool e o Estado de Sergipe configura-se como um dos grandes produtores a nível regional. Os dados sobre área plantada de cana-de-açúcar por município na bacia do rio Japarutuba (IBGE, 2008) estão mostrados na Figura 7.

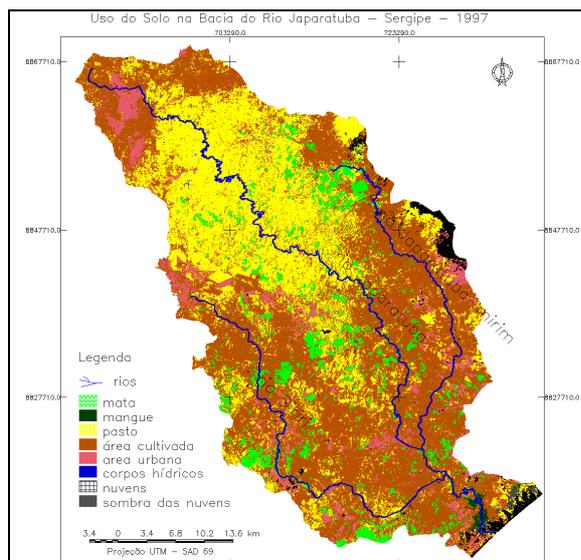


Figura 3 – Mapa de uso do solo – 1997

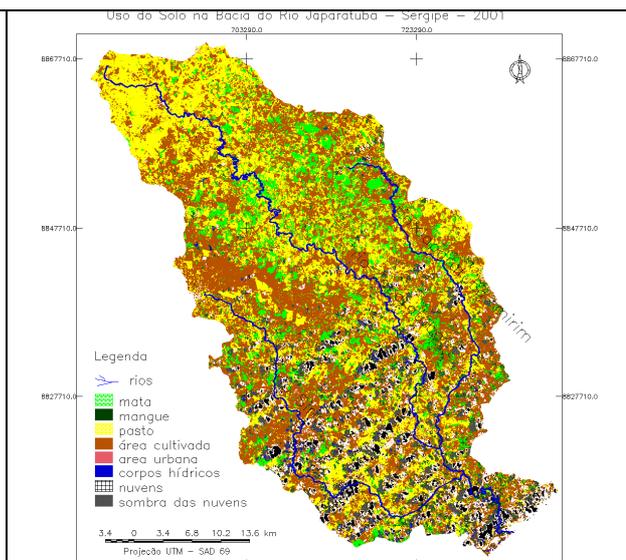


Figura 4 – Mapa de uso do solo – 2001

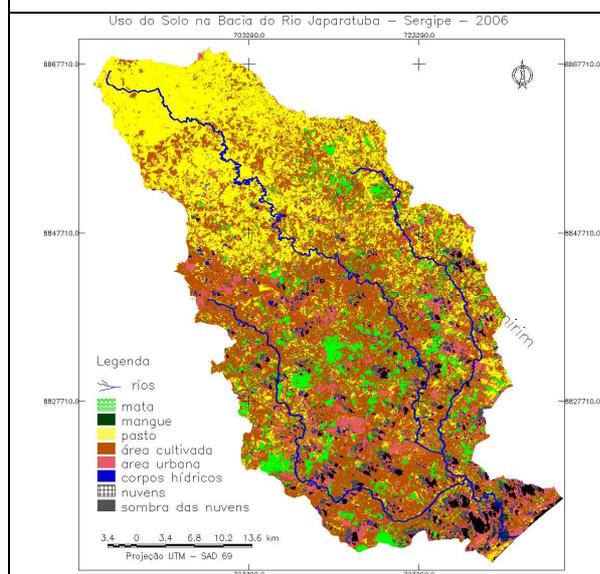


Figura 5 – Mapa de uso do solo – 2006

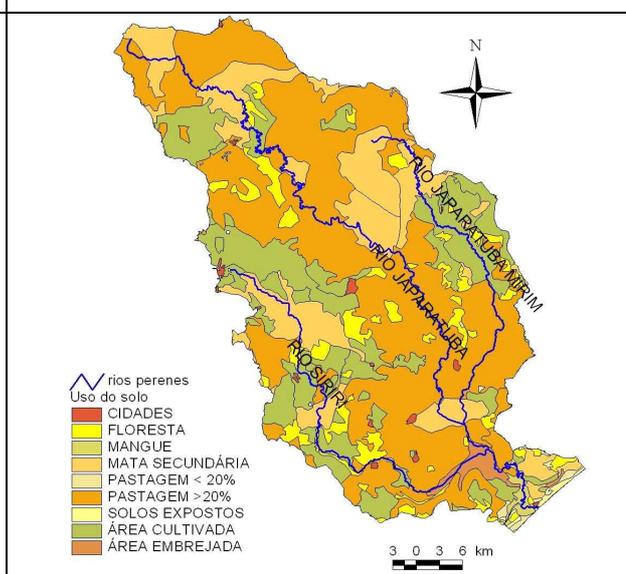


Figura 6 – Mapa de uso do solo – 2000
Fonte: SEPLANTEC (2004)

Nesta, observou-se uma variação contínua no período 1997-2006 na área plantada com cana-de-açúcar em todos os municípios, sendo que um aumento considerável foi notado para o ano de 2006, principalmente em Capela, Japarutuba, Maruim, e Nossa Senhora das Dores, cuja tradição de produção de cana-de-açúcar é fato conhecido (Fontes, 1997). Considerando que o desenvolvimento da tecnologia FLEXPOWER (permite o uso de dois combustíveis – álcool e gasolina- ao mesmo tempo no tanque dos veículos) incentivou a um maior aumento no consumo de álcool combustível devido ao seu preço, a indústria sucro-alcooleira tenderá a aumentar a área plantada com cana-de-açúcar em detrimento dos outros usos de solo.

Dada a variação considerável na área de pastagem, procurou-se analisar os dados sobre número de estabelecimentos agropecuários na área da bacia que criam gado ou que lidam com gado. Nota-se que houve uma variação no número de estabelecimentos para o período 1996-2006, com um decréscimo de aproximadamente 50% no número de criadores em alguns municípios ditos tradicionais na criação do gado (Capela e Nossa Senhora das Dores, e em outros), e em outros houve um acréscimo 140% (Japarutuba e Divina Pastora).

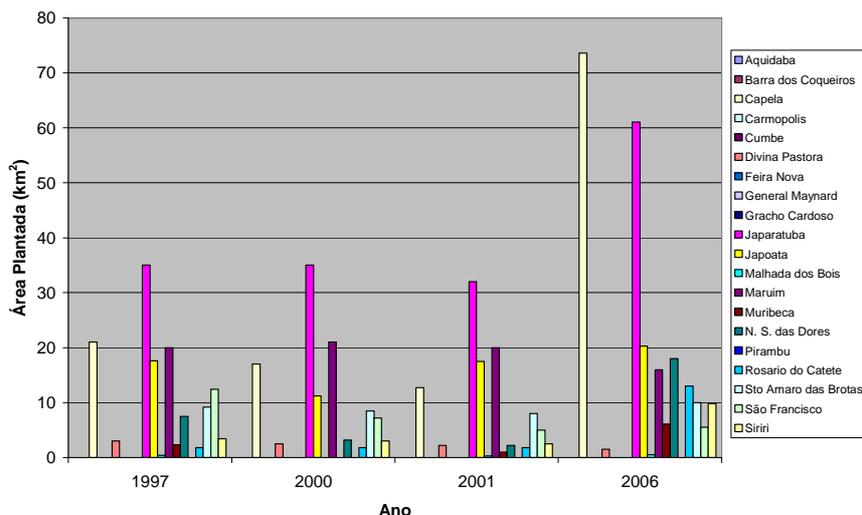


Figura 7 – Área plantada de cana-de-açúcar por município na bacia do rio Japarutuba (Fonte: IBGE, 2008)

Se considerarmos a tradição agropecuária na região, a diminuição no número de estabelecimentos criadores poderá representar uma redução na área de pastagem em detrimento do aumento na área de cultivo de cana ou mesmo de pousio de área, como se pode conferir com os dados advindos das imagens (Figuras 3, 4 e 5).

No que diz respeito às outras classes analisadas neste trabalho, os dados provenientes da classificação das imagens (Figuras 3, 4 e 5) mostram um acréscimo na área para as classes áreas cobertas por nuvens, área das sombras das nuvens, área dos corpos hídricos, mostram valores estáveis para a classe áreas urbanas e mostram um decréscimo para a classe mangue.

Comparando-se o valor percentual de área urbana fornecido por SEPLANTEC (2004), 0,45%, com o seu respectivo encontrado no presente trabalho, aproximadamente 9%, o primeiro entendimento leva a crer um erro absurdo, contudo, como a classe solo nu, não foi considerada e a resposta espectral deste é bem parecida com as obtidas para as áreas de cidades, é possível que na classificação, as áreas de estradas, de exploração de petróleo, de pastagem em pousio ou de áreas desmatadas e revolvidas, dentre outras, tenham sido consideradas áreas urbanas. Vale salientar que diversas incertezas nos processos de levantamento de dados e na aquisição de informações via análise de imagens de satélite podem ser apontadas.

Incertezas também podem ser apontadas no caso dos dados do censo agropecuário e de área cultivada fornecidos pelo IBGE, uma vez que os valores que constam deste censo são estimados (IBGE, 2002) a partir de informações advindas dos produtores, o que não necessariamente reflete a realidade da bacia.

Além do exposto, apesar dos esforços empreendidos neste trabalho para que a classificação refletisse o mais próximo possível a realidade do uso do solo na região da bacia em estudo, a interferência das sombras das nuvens sobre as áreas conhecidas como produtoras de cana de açúcar (Capela, Japarutuba, Siriri, Rosário do Catete, dentre outras) levaram a valores de área cultivada que são, provavelmente, bem abaixo do que existiu no local. Este problema ficou mais evidente para o ano de 2001 onde o valor de área de sombra das nuvens alcançou o seu valor de aproximadamente 3% da área da bacia e se distribuiu de forma tal a cobrir a área que vai do litoral ao médio Japarutuba, região produtora de cana-de-açúcar (Figuras 2, 4 e 6). Assim, a comparação entre os resultados obtidos no presente trabalho e aqueles fornecidos por SEPLANTEC (2004) ficou bastante prejudicada. Mesmo assim, através das Figuras 4 e 6, observa-se uma certa semelhança na distribuição das áreas, o que vem reforçar a veracidade dos resultados obtidos no presente trabalho.

4 Conclusões

A aplicação do Sensoriamento Remoto para o estudo da bacia hidrográfica do Rio Japarutuba, demonstrou ser uma ferramenta importante para a análise da dinâmica e caracterização espacial da referida bacia e com base nas análises, pode-se concluir que: dentre outros aspectos, existe uma tendência de crescimento na área cultivada com cana-de-açúcar dada a valorização no uso do álcool combustível, a área de pastagem tende a crescer toda vez que ocorre uma redução na área plantada, o aumento da área de pastagem ou de área cultivada leva a uma redução na área de vegetação nativa ou renascida/replantada, a utilização do sensoriamento remoto para a análise em curso foi fundamental para concluir-se que a bacia está bastante antropizada e sua cobertura nativa está praticamente extinta, restando algo em torno de 6% (102 km²) de um total de 1700 km².

Agradecimentos

Os autores são gratos a Universidade Federal de Sergipe, ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fornecimento das imagens, a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe pelas informações fornecidas ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Almeida, J. A. P. **Le sertão sisalier de Bahia-Bresil. Analyse D'images SPOT pour une typologie dynamique de l'utilisation des terres (1986-1993)**. Toulouse-Le mirail. Universite de Toulouse. 1996. 161p. Tese Doutorado.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do solo**. São Paulo. Ícone, 2005. 355p.
- Camara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.
- Centeno, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e processamento de imagens digitais**. Curitiba. Editora Curso de pós-graduação em Ciências Geodésicas. 2003. 219p. ISBN 85-88783-05 03
- Crosta, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campina. SP. IG/UNICAMP.
- Chuvieco, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. Madrid. Espanha. 1990. Ediciones Rialp, S.A. 452p.
- Florenzano, T. G. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p
- Fontes, A. L. **Caracterização Geoambiental da Bacia do Rio Japarutuba (SE)**. Rio Claro, UNESP, 1997. 298p. Tese Doutorado.
- IBGE. Pesquisas agropecuárias. In **Relatórios metodológicos**. IBGE Departamento de Agropecuária.– Rio de Janeiro, 2002. 2. Ed. 92p. ISSN 0101-2843 ; v. 6.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> Acesso em: 08 out. 2008.
- Martins, R. D. BRA-74: Devastação diminui, mas só restam 6,98% da Mata Atlântica no País. *Jornal NH - Novo Hamburgo/RS*, dezembro, 2006. Disponível em: <<http://www.premioreportaje.org/article.sub?docId=23793&c=Brasil&cRef=Brazil&year=2007&date=diciembre 2006>>. Acesso em: 08 out. 2008
- SEPLANTEC. **Atlas Digital de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe**. Secretaria de Planejamento e Tecnologia – Sergipe. Aracaju, 2004
- Tambosi, L.R.; Igari, A.T.; Ribeiro, M. C.; Pivello, V.R.; Análise comparativa entre classificações realizadas a partir de imagens LANDSAT 7 ETM+ E CBERS-2 CCD. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, 2007, INPE, p.1189-1196. On line. ISBN:. 978-85-17-00031-7. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2007/01.31.19.10/doc/@sumario.htm>>. Acesso em: 10 out. 2008.